

(19) BUNDESREPUBLIK

DEUTSCHLAND



DEUTSCHES

PATENTAMT

Offenlegungsschrift

(10) DE 43 39 025 A 1

(51) Int. Cl. 5:

B 01 D 53/36

B 01 D 53/04

// B01J 23/44,23/42

vw
32188
PC7/USA

(21) Aktenzeichen: P 43 39 025.0

(22) Anmeldetag: 9. 11. 93

(23) Offenlegungstag: 16. 6. 94

(30) Innere Priorität: (32) (33) (31)

14.12.92 DE 42 42 618.9

(71) Anmelder:

Mannesmann AG, 40213 Düsseldorf, DE

(74) Vertreter:

Meissner, P., Dipl.-Ing.; Presting, H., Dipl.-Ing.,
Pat.-Anwälte, 14199 Berlin

(72) Erfinder:

Becker, Oliver, 66679 Losheim, DE; Kolz, Sabine,
66352 Großrosseln, DE; Hager, Herbert, 66809
Nalbach, DE

THE BRITISH LIBRARY
11 JUL 1994
SCIENCE REFERENCE AND
INFORMATION SERVICE

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

(54) Verfahren zur Reinigung schadstoffbeladener Abluft

DE 43 39 025 A 1

Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Reinigung schadstoffbeladener Abluft durch heterogene Katalyse gemäß dem Gattungsbegriff des Hauptanspruches.

Die katalytische Verbrennung von trägerfixierten Schadstoffen ist prinzipiell bekannt und läßt sich mit einer großen Vielfalt von Katalysatoren durchführen (DE 38 04 722). Bei den bisherigen Ausführungen wird das Katalysatormaterial auf keramische und metallische Wabenkörper und sonstige keramische Träger, z. B. Schüttung mit großer Oberfläche aufgebracht. Der Nachteil der bisher bekannten Katalyseverfahren besteht darin, daß die gesamte Trägerluft auf die Arbeitstemperatur des Katalysatormaterials (200 bis 600 Grad Celsius) erwärmt werden muß. Im Falle von Verbrennungsprozessen wie z. B. Kraftfahrzeugmotoren, hat das zu reinigende Abgas bereits selbst die erforderliche Prozeßtemperatur. Im ersten Fall, bei dem die erforderliche Energie von außen zugeführt werden muß, bedeutet dies einen hohen Energieaufwand und schränkt den Anwendungsbereich der katalytischen Nachverbrennung ein.

Zur Überwindung dieses Problems ist bereits vorgeschlagen worden (DE 39 29 521), nur die Katoberfläche auf die erforderliche Arbeitstemperatur zu bringen, um mit einer Trägerluft von etwa Raumtemperatur arbeiten zu können. Dazu wird ein mit Katalysatormaterial beschichteter Heizdraht eingesetzt, der durch Anlegen einer elektrischen Spannung direkt beheizt wird. Die trägerfixierte Schadluft wird nun so schnell, beispielsweise durch ein enges Gitter aus Katalysatordrähten, die auf einem aus elektrisch isolierenden Werkstoff hergestellten Rahmen aufgespannt sind, geleitet, daß sich die Luft nur geringfügig erwärmt und die Schadstoffe weitgehend durch die katalytische Oxidation abgebaut werden. Nachteilig bei diesem Verfahren ist der schlechte Wirkungsgrad der Anlage, da jedes Luftmolekül mit den katalytisch beschichteten Heizdrähten in Kontakt gebracht werden muß. Dies ist aber bei einem für die Leistung der Anlage erforderlichen Durchsatz der schadstoffbeladenen Abluft praktisch nicht möglich. Das geschilderte Verfahren versagt bei Abluft mit geringer Schadstoffkonzentration insbesondere dann, wenn sie unter einen Wert von 100 mg/cbm Abluft absinkt.

Neben der unmittelbaren katalytischen Verbrennung ist auch das Verfahren der vorherigen Adsorption von Schadstoffen aus trägerfixierter Abluft mittels eines Adsorptivs, üblicherweise Aktivkohle, mit anschließender Desorption dieser Stoffe aus der Aktivkohle und der abschließenden katalytischen Oxidation bekannt (DE 40 03 668). Dadurch, daß die in der Aktivkohle adsorbierten Schadstoffe anschließend desorbiert und in einen Oxidationskatalysator überführt werden, wird die Aktivkohle immer wieder regeneriert und kann im Verfahren bleiben. Nachteilig bei diesem Verfahren ist, daß zur Regenerierung der Aktivkohle beispielsweise aufgeheiztes Inertgas durch die Aktivkohle geleitet werden muß. Anschließend muß die aufgeheizte Aktivkohle gekühlt werden, damit beim nachfolgenden Durchströmen der Abluft die Schadstoffe adsorptiv wieder an der Aktivkohle angelagert werden können.

Ein gattungsmäßiges Verfahren ist aus der DE-PS 42 09 198 bekannt. Diese Erfindung betrifft ein Verfahren zur Reinigung schadstoffbeladener Abluft durch heterogene Katalyse, bei dem die Abluft mit etwa Raumtemperatur durch Druck- oder Sogwirkung ge-

führt an einem festen, mit Katalysatormaterial beschichteten Element vorbeiströmt. Die Schadstoffe werden adsorptiv am Element angelagert und spätestens nach Beladung des Elementes mit der theoretisch maximal möglichen Beladungskapazität durch Erwärmung des Elementes und bei Berührung mit der Kat-Oberfläche zu umweltverträglichen, gasförmigen Reaktionsprodukten oxidiert. Das Element besteht aus einem beheizbaren metallischen Gewebeband mit einer Maschenweite kleiner als 1 mm und einer Drahtdicke kleiner als 0,1 mm, das eine dünne Schicht von gewachsenen Kristallen aufweist, die mit einem Katalysatormaterial überzogen sind. Die Effektivität dieses Katalysators ist unmittelbar verknüpft mit der Adsorptionsfähigkeit des verwendeten Elementes. Das vorgesetzte metallische Gewebeband als Trägermaterial ist zwar als Heizelement gut geeignet, aber die die spezifische Oberfläche beeinflussende Maschenweite kann nicht beliebig verkleinert werden, ebenso nicht die Drahtdicke. Das Verfahren zur Erzeugung der Kristallschicht ist aufwendig und der spezifische Verbrauch an Katalysatormaterial hoch.

Aufgabe der Erfindung ist es, ein gattungsmäßiges Verfahren zur Reinigung schadstoffbeladener Abluft anzugeben, mit dem in einfacher Weise die schadstoffbeladene Abluft mit Schadstoffkonzentrationen von weniger als 100 mg/cbm mit besserem Wirkungsgrad und geringerem Energiebedarf im Vergleich zum Stand der Technik gereinigt werden kann.

Eine weitergehende Aufgabe besteht darin, daß die zur Durchführung des Verfahrens vorgesehene Vorrichtung kompakt gestaltet und in bestehende Abluftsysteme als Baukastenelement einsetzbar ist.

Diese Aufgabe wird mit den Merkmalen im kennzeichnenden Teil des Anspruches 1 gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen sowie eine Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens sind Bestandteil von Unteransprüchen.

Kern der Erfindung ist die Überlegung, daß bei gasförmigen Stoffgemischen mit einer geringen Schadstoffkonzentration in der Größenordnung von weniger als 100 mg/cbm Trägergas, die Schadstoffe zuerst auf konzentriert werden müssen, um sie dann wirkungsvoll mit geringem Energieaufwand katalytisch verbrennen zu können. Die gewünschte Aufkonzentration wird dadurch erreicht, daß ein adsorptiv wirkender oxidkeramischer Werkstoff auf ein nichtmetallisches gasdurchlässiges Trägermaterial aufgebracht wird. Vorzugsweise besteht das nichtmetallische gasdurchlässige Trägermaterial aus einem Gewebe aus Keramikfasern, vergleichbar wie es für die Isolierung verwendet wird. Dieses Gewebe ist wickelbar, so daß es in einfacher Weise zusammen mit dem metallischen Gewebeband zu einem Modul geformt werden kann. Als nichtmetallisches Trägermaterial ist alternativ auch eine aufgeschäumte oder gesinterte Keramik in Form einer Platte oder einer Filterkerze denkbar. Auf das nichtmetallische gasdurchlässige Trägermaterial werden vorzugsweise adsorptiv wirkende Silizium- oder Aluminiumoxid-Verbindungen aufgebracht. Die mit dieser Technik erreichbare spezifische Oberfläche des Elementes liegt um ein Mehrfaches höher als vergleichbar ein beschichtetes metallisches Gewebeband.

Die Wirkungsweise des erfindungsgemäßen Verfahrens kann wie folgt beschrieben werden. Die schadstoffbeladene Abluft durchströmt den Adsorptivkatalysator in "kaltem" Zustand, d. h. bei etwa Raumtemperatur oder etwas darüber. Der Adsorptivkatalysator besteht

erfindungsgemäß aus verschiedenen Teilelementen, die sandwichartig miteinander verbunden sind. Ein Teilelement ist als adsorptiv wirkendes Teilelement ausgebildet und besteht aus einem nichtmetallischen gasdurchlässigen Trägermaterial, das mit einer adsorptiv wirkenden Schicht eines Stoffes überzogen ist. Das andere Teilelement ist als direkt beheizbares Teilelement ausgebildet, welches mit Katalysatormaterial überzogen ist. Verfahrensmäßig werden die Schadstoffe zuerst an dem als Adsorber ausgebildeten Teilelement adsorbiert. Die gereinigte Abluft wird an die Umgebung abgegeben, bzw. kann als Prozeßluft in einem Kreislauf gefahren werden. Nach Beladung des Adsorbers mit der theoretisch maximal möglichen Beladungskapazität erfolgt das Regenerieren durch Erwärmung dieses Teilelementes. Die dabei freiwerdenden Schadstoffe kommen mit dem auf einem weiteren Teilelement aufgebrachten Katalysatormaterial in Verbindung und werden katalytisch verbrannt. Nach dem Regenerieren und Abkühlen des Systems kann die erneute Beladung erfolgen.

Die Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens kann als Wickel-, Platten- oder Zylindermodul ausgebildet und durch Reihen- oder Parallelschaltung zu größeren Einheiten zusammengefaßt werden. Als Heizelemente sind vorzugsweise metallische Gewebebänder vorgesehen, die mit dem Adsorptiv sandwichartig verbunden sind. In einer ersten einfachen Ausführungsform ist das beheizbare Teilelement in Strömungsrichtung gesehen dem Adsorptiv nachgeschaltet. Dies hat den Zweck, damit die aus dem Adsorptiv ausgetriebenen Schadstoffe durch das beheizbare Teilelement zwangsläufig geleitet und dort katalytisch verbrannt werden. Ebenso ist denkbar, daß ein weiteres Heizelement dem Adsorptivkatalysator vorgeschaltet ist. Durch das zusätzliche Heizelement wird das Element schneller erwärmt und die Desorption der angelagerten Schadstoffe kann wirkungsvoller ablaufen. Die vorgeschaltete Beheizung kann auch indirekt über Wärmetauscher oder direkt durch eine Feuerung z. B. Gasbrenner erfolgen. Für die Phase der Desorption und katalytischen Verbrennung kann zur Reduzierung der Energiekosten mit einem gedrosselten Volumenstrom gefahren werden. Als besonders günstig hat sich als beheizbares Teilelement ein metallisches Gewebeband aus vorzugsweise Cr-Ni-Stahl herausgestellt. Dieses Gewebeband ist gut verformbar und beansprucht hinsichtlich seiner Dicke nur wenig Platz, so daß der Adsorptivkatalysator kompakt gestaltet werden kann.

Es wurde schon darauf hingewiesen, daß die geringe Wärmespeicherkapazität des Sandwich-Elements, d. h. Adsorptiv plus Heizelement ein wesentlicher Aspekt der vorgeschlagenen Vorrichtung ist. Aber auch bei einer geringen Wärmespeicherkapazität benötigt das Element eine endliche Zeit, um die erforderliche Prozeßtemperatur nach Einschalten der Beheizung zu erreichen. In dieser Phase des Erwärmens läuft der katalytische Prozeß nur unvollkommen ab, d. h. es können Zwischenprodukte entstehen, die weiterhin beispielsweise geruchsbelästigend sind. Bei geringen Anforderungen an eine solche Reinigungsanlage wird man diesen zeitlich begrenzten Ausstoß von Zwischenprodukten, die unvollkommen katalytisch verbrannt sind, in Kauf nehmen. Dies gilt teilweise auch für die Phase des Abkühlens des Adsorptivs nach Abschalten der Beheizung, bevor die adsorptive Wirkung des Elementes wieder voll einsetzt. Dies bedeutet aber nicht, daß in der Abkühlphase keine adsorptive Anlagerung möglich ist, sie findet je nach Temperatur des abkühlenden Adsorptivkataly-

sators und Zusammensetzung der Abluft im verminder-ten Umfang weiterhin statt. Den gewünschten Effekt der Beseitigung von Zwischenprodukten vor allen Dingen in der Phase des Erwärmens kann man auch da-durch erreichen, daß man am Element ein zweites ad-sorptiv wirkendes Teilelement anordnet, das in Strö-mungsrichtung gesehen am Ende liegt. Dieses Teilelement übernimmt dann die Aufgabe, die teilverbrannten Zwischenprodukte adsorptiv anzulagern, bis die kataly-tische Verbrennung voll einsetzt. Die Reinigung dieses Teilelementes kann separat erfolgen, da wegen der ge-ringsten Inanspruchnahme die Speicherkapazität für lange Zeiten ausreichend ist.

Trotz des nichtmetallischen Trägermaterials als als Adsorptiv ausgebildetes Teilelement ist die geringe Wärmespeicherkapazität des Elementes von Vorteil, so daß schon nach kurzer Zeit nach Einschalten der Behei-zung die erforderliche Prozeßtemperatur erreicht wird. Den Zeitpunkt des Erreichens der Beladungskapazität des Adsorptivs kann man auf verschiedene Weise ermit-teln. Eine Möglichkeit besteht darin, die Schadstoffkon-zentration und die Menge des anfallenden zu reinigen-den Stoffgemisches laufend zu messen und mit der zu-vor rechnerisch oder durch Versuche ermittelten Beladungskapazität in Beziehung zu setzen. Unter Berück-sichtigung eines festgelegten Sicherheitsabstandes wird aus diesem Verhältnis ein Steuersignal für das Einschal-ten der Beheizung der beheizbaren Teilelemente gebil-det. Nach Ablauf einer festgelegten Abbrennzeit wird die Beheizung wieder abgeschaltet. Bei Schadstoffanfall mit relativ konstanten Werten hinsichtlich Menge und Konzentration kann der Beladungszeitraum auch rech-nerisch ermittelt und die Beheizung zeitgetaktet einge-stellt werden.

Für eine wirkungsvolle katalytische Oxidation ist es erforderlich, daß das Heizelement durch die Beheizung auf die auf den Schadstofftyp abgestimmte Prozeßtemperatur erwärmt wird. Um diese genau zu erfassen, wird ein Temperaturfänger, z. B. Thermoelement am Heizelement befestigt und die Meßsignale einem Regelkreis für die Beheizung zugeführt. Die Befestigung des Thermo-elementes erfolgt im Falle eines metallischen Heizelementes vorzugsweise mittels Laserschweißen, da bei vielen anderen Techniken die dünnen Drähte des Ge-webebandes bzw. die Heizdrähte zerstört werden.

Einsetzbar ist das Verfahren auch für die Reinigung von Gasen (Stickstoff, Wasserstoff, sauerstofffreie Edel-gase) und für die selektive Adsorption. Im letzteren Fal-le können durch eine definierte Porengröße des auf dem Trägermaterial abgeschiedenen adsorptiv wirkenden Stoffes Einzelstoffe aus einem Stoffgemisch abgeschie-den werden. Die generell kleine Porengröße erlaubt es auch, nicht nur die groß molekularartigen Kohlenwas-serstoffe, sondern auch kleine Moleküle wie z. B. Co anzulagern. Neben dem bekannten Platin-Palladium als Katalysatormaterial können auch andere Metalle bzw. Metalloxide aufgebracht werden, so daß das Verfahren auch für die Reduktion anwendbar ist. Für das Einsatz-gebiet der Lufttrocknung und Gastrocknung ist kein Katalysatormaterial erforderlich, das es hier nur auf die adsorptive Anlagerung ankommt.

In der Zeichnung wird der erfindungsgemäße Ad-sorptivkatalysator näher erläutert.

Es zeigen:

- 65 Fig. 1 einen Schnitt durch ein Sandwich-Element,
- Fig. 2a im Querschnitt ein Rohrmodul,
- Fig. 2b eine halbperspektivische Darstellung eines Rohrmoduls,

Fig. 3 ein Kanalmodul,
Fig. 4 ein Zylindermodul.

Fig. 1 zeigt den sandwichartigen Aufbau eines Adsorptivkatalysators in Form eines Plattenmoduls, bestehend aus in Strömungsrichtung 9 gesehen einem vorgesetzten beheizbaren metallischen Gewebeband 6, das im Regelfall nicht mit Katalysatormaterial beschichtet ist, sondern für die Regenerierphase nur die Funktion der indirekten Aufheizung des Adsorptivs 1 übernimmt. Dem Adsorptiv 1 nachgeschaltet ist ein weiteres beheizbares metallisches Gewebeband 6', das mit Katalysatormaterial 4 beschichtet ist und die Funktion des Katalysators für die katalytische Verbrennung der zuvor am Adsorptiv 1 angelagerten Schadstoffe übernimmt. Zur Verdeutlichung der Beheizbarkeit der metallischen Gewebebänder 6, 6' sind rechts im Bild skizzenhaft elektrische Kontakte 8, 8' angedeutet. Für diesen Sandwich-Aufbau ist die Art der Beschichtung des Trägermaterials ohne Belang. Aus Vereinfachungsgründen wurde das das Element umgebende Gehäuse hier weggelassen. Das aus den genannten drei Teilelementen 6, 1, 6' bestehende erfundungsgemäße Element kann bezüglich seiner Beschichtung und der Aufbringung von Katalysatormaterial in verschiedenster Art und Weise behandelt werden. Beispielsweise kann jedes Teilelement, 6, 1, 6' separat für sich behandelt und dann miteinander verbunden werden. Alternativ ist es auch möglich, das zuvor gefertigte Element mit Ausnahme des Katalysatormaterials 4 einheitlich zu beschichten. Beim Katalysatormaterial 4 wird man die Einzelbehandlung vorziehen, da es sich um teures Material handelt, so daß es zweckmäßig ist, die Beschichtung auf die notwendigen Bereiche zu beschränken.

In Fig. 2 ist in einem Querschnitt (a) und in einer halbperspektivischen Ansicht (b) schematisch eine weitere Ausführungsform eines erfundungsgemäßen Adsorptivkatalysators dargestellt. In diesem Beispiel ist ein Sandwich-Element, bestehend aus einem nichtmetallischen Trägermaterial 1 und einem temperaturbeständig und elektrisch leitendem metallischen Gewebeband 6 spiralförmig aufgewickelt. Es ist leicht einsehbar, daß eine solche Aufwicklung ebenso wie die in Fig. 3 dargestellte Fältelung nur dann möglich ist, wenn das nichtmetallische Trägermaterial 1 aus einem wickelbaren Gewebeband, beispielsweise aus Keramikfaser besteht. Das Trägermaterial ist vorzugsweise mit einer adsorptiv wirkenden Silizium- oder Aluminium-Verbindung beschichtet. Das aufgewickelte Sandwich-Element ist in einem Rohrabschnitt 12 angeordnet und am Anfang und Endes dieses Rohrabschnittes in der Randzone abgedichtet (hier nicht abgebildet). Die Anströmrichtung dieses Rohrmoduls ist mit einem Pfeil 9 gekennzeichnet.

Fig. 3 zeigt in einem Querschnitt eine Variante der Anordnung des Sandwich-Elementes. In diesem Beispiel ist das Element mäanderförmig gefaltet. Das Gehäuse 13, das das Sandwich-Element umschließt, ist kastenförmig ausgebildet und deshalb wird dieses Modul auch als Kanalmodul bezeichnet. Je nach Anordnung der Öffnung am Gehäuse 13 kann die Abluft das Element in Richtung der Falten, hier angedeutet durch den Pfeil 14 oder quer dazu durchströmen. Die Enden des metallischen Gewebebandes 6 des Sandwich-Elementes sind mit elektrischen Anschlüssen 16, 16' verbunden, die die Verbindung zur elektrischen Beheizung (hier nicht dargestellt) herstellen. Damit die Abluft nicht im Randbereich ohne wirksame Reinigung vorbeiströmen kann, ist zwischen dem gefalteten Sandwich-Element und dem Gehäuse 13 eine Dichtung 11 angeordnet.

Eine spezielle Ausführungsform eines erfundungsgemäßen Elementes ist im Längsschnitt in Fig. 4 dargestellt. Das Sandwich-Element 17 ist zylindrisch um einen perforierten Rohrabschnitt 18 gewickelt. Die axiale Erstreckung des Sandwich-Elements 17 wird durch zwei Platten 19, 20 begrenzt, die auch die erforderliche Haltevorrichtung für das Sandwich-Element 17 darstellen. Das schadstoffbeladene Stoffgemisch strömt 9 von oben in das stehend angeordnete Zylindermodul in den Ringraum 22 ein, der gebildet wird durch das Gehäuse 21 und dem im Abstand dazu angeordneten Sandwich-Element 17. Von diesem Ringraum 22 strömt das schadstoffbeladene Stoffgemisch, wie durch die eingezeichneten Pfeile gekennzeichnet, in etwa radial von außen nach innen durch das Sandwich-Element 17 und dabei gleichzeitig in Richtung der Strömung von oben nach unten. Der Austritt des gereinigten Stoffgemisches erfolgt im perforierten Rohrabschnitt 18, wo sie durch eine im zweiten Halblech 20 angeordnete kreisförmige Öffnung 23 aus dem Modul abströmen kann. Es bedarf keiner näheren Erläuterung, daß die Durchströmung des Sandwich-Elements 17 auch in umgekehrter Reihenfolge, d. h. von innen nach außen erfolgen kann.

Diese zylindrische Anordnung kann man auch in der Weise realisieren, wenn man als Trägermaterial ein hochporöses Keramikrohr verwendet und auf diesem innen und außen ein beheizbares metallisches Gewebeband anordnet. Je nach Anströmrichtung, d. h. ob von außen nach innen oder umgekehrt, ist das innenliegende oder das außenliegende beheizbare Gewebeband mit Katalysatormaterial beschichtet. Eine direkte Beheizung des Keramikrohrs ist möglich, wenn es z. B. als Halbleiter wie beispielsweise Siliziumkarbid ausgebildet ist.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Reinigung schadstoffbeladener Abluft durch heterogene Katalyse, bei dem die Abluft mit etwa Raumtemperatur durch Druck- oder Sogwirkung geführt an einem festen, mit Katalysatormaterial beschichteten Element vorbeiströmt und die Schadstoffe adsorptiv am Element angelagert und spätestens nach Beladung des Elementes mit der theoretisch maximal möglichen Beladungskapazität diese durch Erwärmung des Elementes und bei Berührung mit der Kat-Oberfläche zu umweltverträglichen, gasförmigen Reaktionsprodukten oxidiert werden, dadurch gekennzeichnet, daß die Schadstoffe zuerst an einem adsorptiv wirkenden Teilelement des aus unterschiedlichen Teilelementen bestehenden Elementes angelagert und nach Beladung dieses Teilelementes durch Erwärmung ausgetrieben und mittels eines weiteren direkt beheizbaren, mit Katalysatormaterial beschichteten Teilelementes in bekannter Weise katalytisch verbrannt werden.

2. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 1 mit einem Gehäuse, in dem ein Katalysatorelement aufweisendes festes Element angeordnet ist und durch im Gehäuse angeordnete Öffnungen die zu reinigenden Stoffgemische zuführbar bzw. die gasförmigen Reaktionsprodukte abführbar sind, dadurch gekennzeichnet, daß das Element ein adsorptiv wirkendes Teilelement (1), bestehend aus einem nichtmetallischen gasdurchlässigen Trägermaterial, das mit einer adsorptiv wirkenden Schicht eines Stoffes überzogen ist und

mindestens ein sandwichartig mit dem Adsorptiv (1) verbundenes metallisches, direkt beheizbares Teilelement (6, 6') aufweist, das in Strömungsrichtung gesehen dem Adsorptiv (1) nachgeschaltet und mit Katalysatormaterial (4) überzogen ist.

5

3. Vorrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß zwei sandwichartig mit dem Adsorptiv (1) verbundene metallische direkt beheizbare Teilelemente (6, 6') vorgesehen sind, die in Strömungsrichtung gesehen dem Adsorptiv (1) vor- und 10 nachgeschaltet sind, wobei mindestens das nachgeschaltete Teilelement (6') mit Katalysatormaterial (4) überzogen ist.

4. Vorrichtung nach den Ansprüchen 2 und 3, dadurch gekennzeichnet, daß als beheizbares Teilelement (6, 6') ein metallisches Gewebeband aus einem hochtemperaturbeständigen Werkstoff, insbesondere Cr-Ni-Stahl, verwendet wird.

15

5. Vorrichtung nach den Ansprüchen 2 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß das Trägermaterial ein 20 wickelbares Gewebe aus Keramikfasern ist.

6. Vorrichtung nach den Ansprüchen 2 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß das Trägermaterial ein steifer hochporöser Keramikkörper ist.

7. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden 25 Ansprüche 2 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß das Element ein zweites adsorptiv wirkendes Teilelement aufweist, das in Strömungsrichtung gesehen, am Ende angeordnet ist.

30

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

35

40

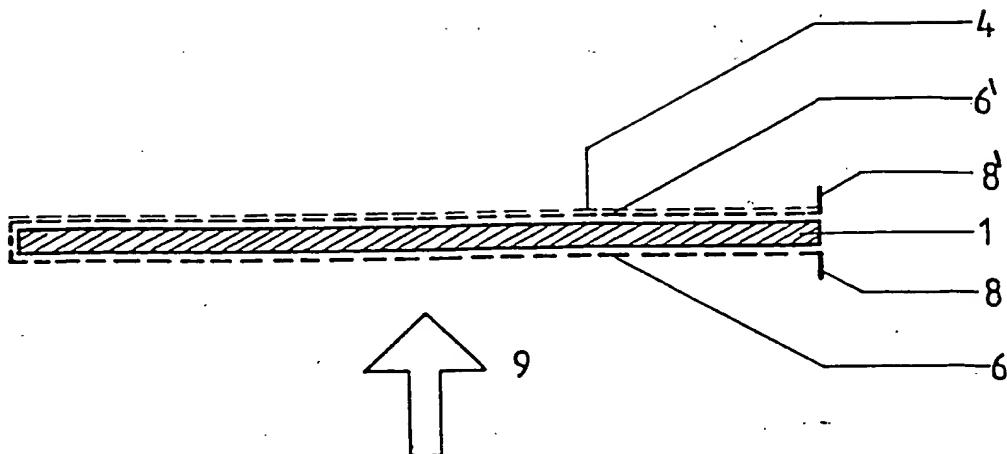
45

50

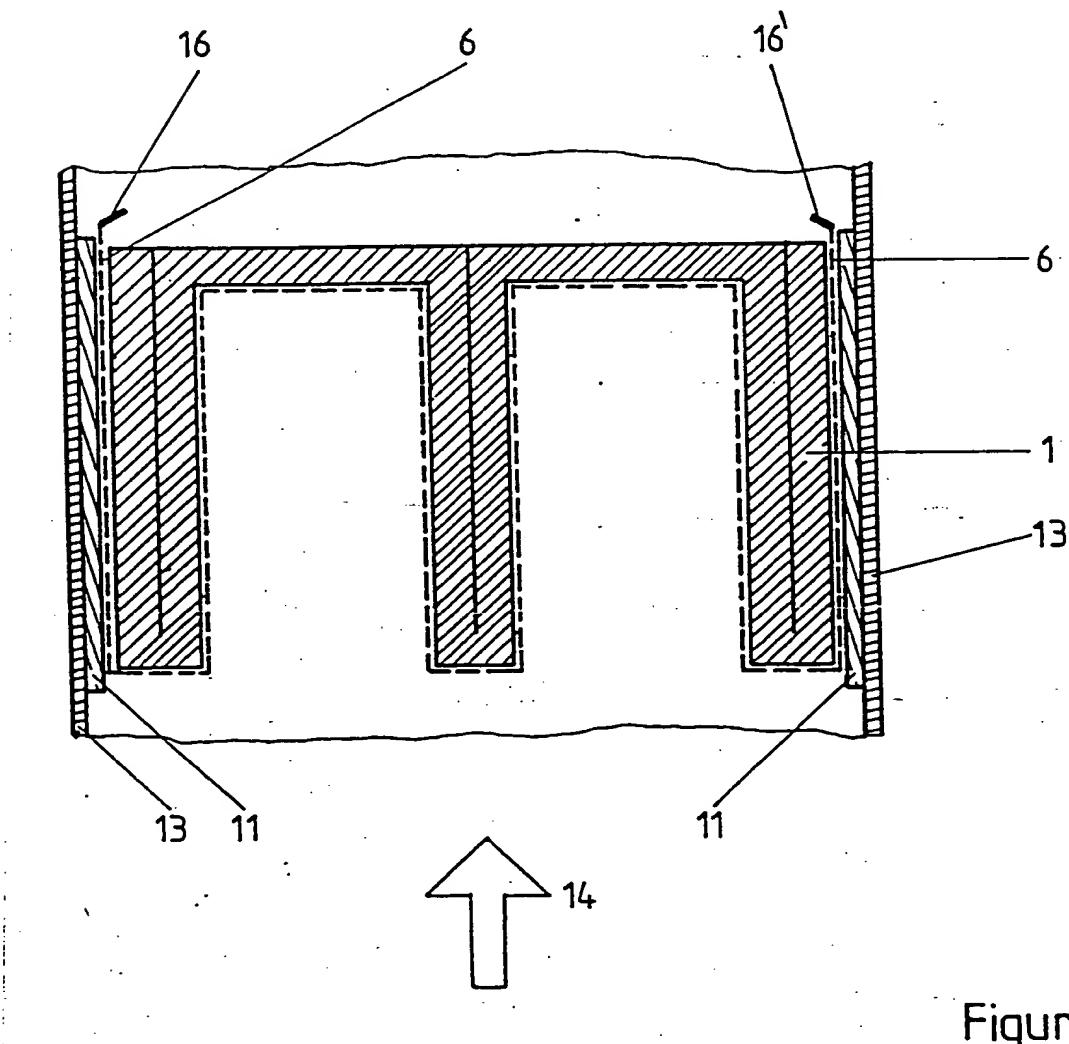
55

60

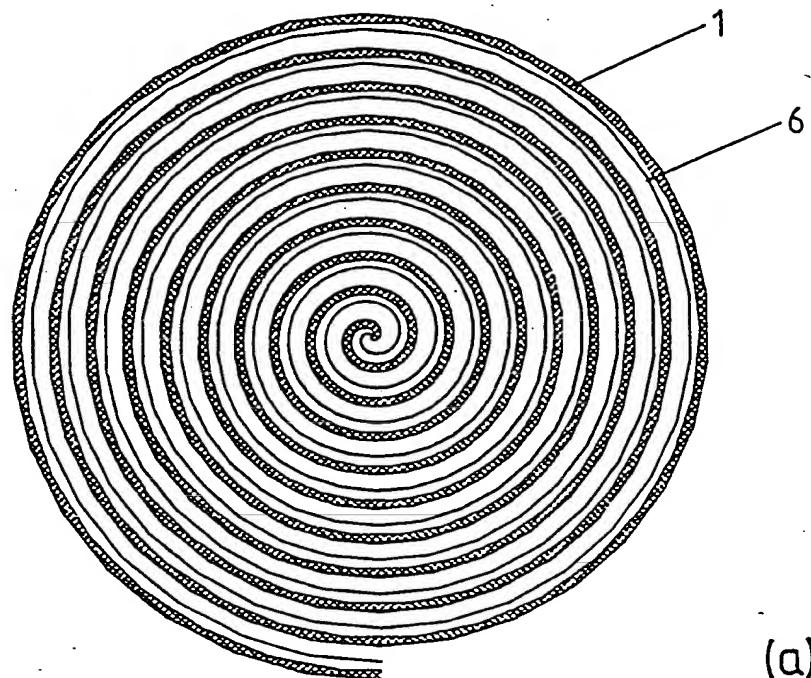
65



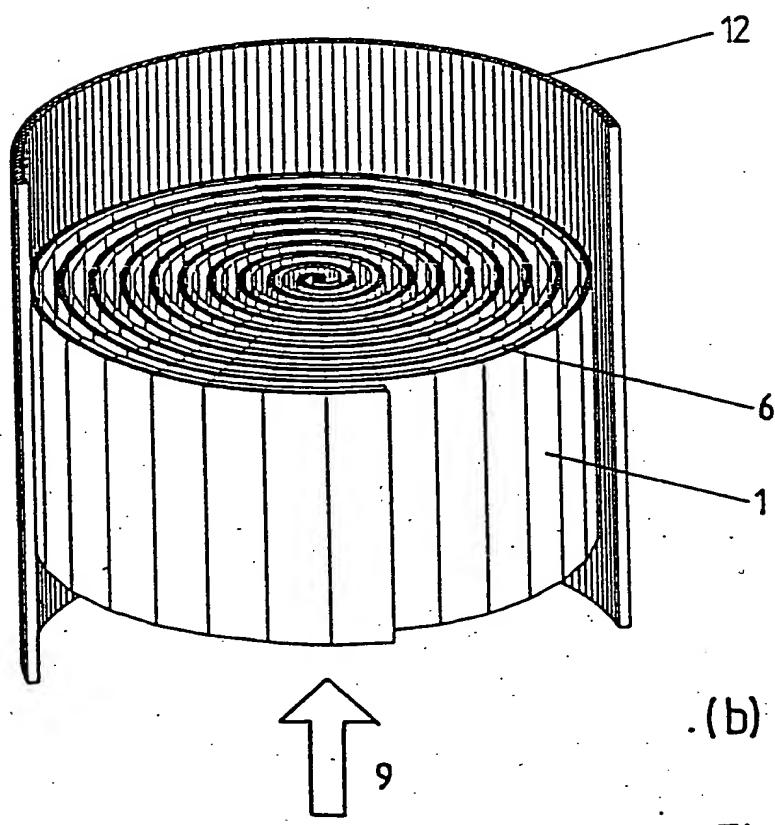
Figur 1



Figur 3



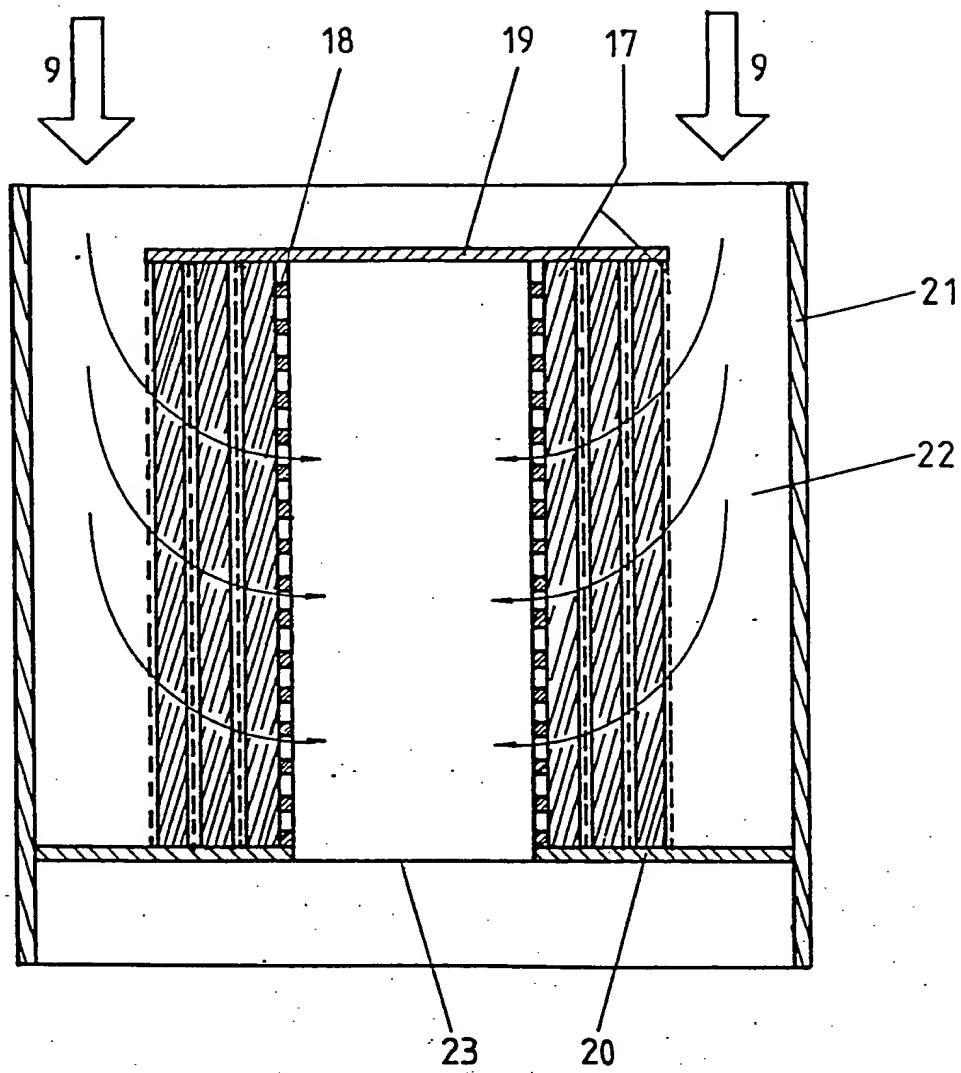
(a)



(b)

Figur 2

408 024/566



Figur 4